

Fundamentalnym prawem mechaniki płynów stosowanym do opisu podstawowych własności strugi wodnej jest równanie Bernoulliego. Pomimo tego, że równanie to odnosi się do cieczy nieściśliwej i nielepkiej można je stosować z pewnym przybliżeniem do opisu własności cieczy rzeczywistych. Według tego prawa sumaryczna energia każdego punktu cieczy w przepływie ustalonym jest wartością stałą. Równanie to ma postać:

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \xi \frac{v^2}{2g},$$

gdzie:

- g - przyspieszenie ziemskie,
- p - ciśnienie przed otworem,
- p_0 - ciśnienie otoczenia,
- v - prędkość wypływu płynu przez otwór,
- v_0 - prędkość przepływu po stronie wlotowej,
- z - wysokość położenia otworu dyszy,
- z_0 - wysokość ciśnienia,
- γ - gęstość płynu,
- ξ - współczynnik straty lokalnej przy wlocie do otworu.

Po przekształceniu równania i uwzględnieniu, że $z_0 - z = H$ i $p_0 = p$, prędkość wypływu strugi z otworu określona jest wzorem:

$$v = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \sqrt{2g \left(H + \frac{v_0^2}{2g} \right)}.$$

Wydatek można obliczyć ze wzoru:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) f \sqrt{2g \left(H + \frac{v_0^2}{2g} \right)}.$$

gdzie:

- d - średnica dyszy,
- D - średnica przewodu przed dyszą,
- f - pole powierzchni otworu dyszy.

Uproszczony i użyteczny w praktyce wzór do obliczenia wydatku strugi wody wypływającej z dyszy może mieć postać: (pole poprzecznego przekroju dyszy razy prędkość wypływającej strugi)

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v$$

gdzie

d -średnica dyszy [m]

v - prędkość wypływającej strugi [m/s]

wzór na prędkość strugi wypływającej z dyszy (wyprowadzony z równania Bernoulliego) może mieć postać:

$$v = 14\sqrt{10p}$$

gdzie

p - ciśnienie wody [MPa]

ostatecznie wzór przyjmie postać:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} 14\sqrt{10p} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Obliczmy teoretyczny wydatek wody wypływający z dyszy 0,15 mm pod ciśnieniem 4130 bar

$$Q = (3,14 * 0,000000225) / 4 * 899,711 = 0,954 \text{ l/min}$$

oraz teoretyczny wydatek wody wypływający z dyszy 0,25 mm pod ciśnieniem 4130 bar

$$Q = (3,14 * 0,000000625) / 4 * 899,711 = 2,65 \text{ l/min}$$

Gdy wartości te pomnożymy przez współczynnik wydatku (sprawności) dyszy - typowo 0,7 otrzymamy:

$$\text{dla dyszy } 0,15 = 0,668 \text{ l/min,}$$

$$\text{a dla dyszy } 0,25 = 1,855 \text{ l/min}$$

Odpowiedź: taka pompa (przy maksymalnym ciśnieniu =4130 bar) może obsłużyć 6 dysz o średnicy 0,15 i dwie o średnicy 0,25.